Searching PAJ

http://www19.ipdl.ncipt.go.jp/PA1/resulvaciallylland was

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number:

2005-012208

(43) Date of publication of application: 13.01.2005

(51)Int.CI.

H01L 21/66

GO1N 1/28

GO1N 21/956

GO1N 23/225

H01J 37/26

H01J 37/28

H01J 37/317

// GO1N 1/00

(21)Application number: 2004-167931

(71)Applicant: HITACHI LTD

(22) Date of filing:

07.06.2004

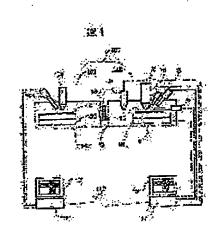
UMEMURA KAORU (72)Inventor:

# (54) TESTPIECE ANALYZING METHOD AND EQUIPMENT

#### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a testpiece analyzing method and its equipment which samples (extracts) only a testpiece strip including a desired specific region from a semiconductor wafer or a device chip and mount it on the testpiece stage of analysis/measuring apparatus without taking a testpiece making-process executed by manual operation which requires experience, skill or time duration.

SOLUTION: The analyzing method comprises the processes of: memorizing the coordinate information of desired location such as that of contamination or defect detected by inspection means on a testpiece substrate; extracting the testpiece strip including a substrate chip at the desired location from the testpiece substrate on the basis of the coordinate information of the desired location by utilizing focused ion beam processing; fixing the testpiece strip extracted by the process at a testpiece holder corresponding to at least one apparatus among those of analysis, observation and



11/9/2005 1:40

Searching PAJ

http://www.13-ibur-iicibi-Ro-ib/x-w-ryres-mo

measurement; processing the testpiece strip fixed at the testpiece

"holder into a shape which is suitable for at least one application among those of analysis, observation and
measurement; and analyzing the desired location in such a manner that the testpiece holder in which the
testpiece strip is fixed is introduced into at least one apparatus among those of analysis, observation and
measurement.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

29.09.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

JP 3709886 B2 2005.10.26

(45)発行日 平成17年10月26日(2005.10.25) (24)登録日 平成17年8月18日(2005.8.19) (51) Int. Cl. 7	(19)日本 <b>西特許庁(JP)</b>	(12)特 計	公 報(		(11) 特許爭爭 特許第3709886号 (22709985)
HO11	(45)発行日 平成17年10月25	E (2005.10.25)		(24) 受鋒日	平成17年8月18日 (2005.8.18)
(21) 出版日	HO1L 21/88 GO1N 1/28 GO1N 21/858 GO1N 23/225	нол 601 601 нол	N 21/958 N 23/225 J 87/26	A B	(金 19 页) 最終頁に続く
	(22) 出顧日 平成16 (62) 分割の表示 特顯平 原出顧日 平成9年 (65) 公開香号 特第20 (43) 公開日 平成17 至至請求日 平成16	年6月7日 (2004.6.7) 9-268363の分割 章10月1日 (1997.10.1) 05-12208 (P2005-12208A 年1月13日 (2005.1.13)	(74)代理人 (72) 発明者	株式会社日立 東京都千代田 100075096 舟理士 作田 梅村 暮 東京都田分号 株式会社日	日区丸の内一丁目 6番 6 号 3

## (54) [発明の名称] 試料解析方法および装置

#### (57)【特許請求の範囲】

#### 【髂求項1】

試料基板を載置する試料ステージと、

酸試料ステージが設置される真空試料室と、

該真空試料室内に設けられ、前記試料基板から摘出された試料片を載せる試料ホルダと

前記試料片を前記試料ホルダに載せるための移送手段と、

前記試料基板に対してイオンビームを照射する照射光学系とを有し、

前記試料ホルダへ前記試料片を移し変える作業及び前記試料片を前記移送手段から分離

する作業が前記真空試料室内で実行可能であることを特徴とする試料作製装置。

#### 【請求項2】

譜水項1に記載の試料作製装置において、

前記移送手段は、プローブと、該プローブを微動させる微動部と、粗動部と、該租動部

を駆動する駆動系とを備え、

当該駆動系が前記真空試料金の外部に設けられたことを特徴とする試料作製装置。

#### 【請求項3】

請求項1に記載の試料作製装置において、

前記移送手段は、プローブを動作させる駆動系を備え、

該駆動系が、前記真空試料室に対して大気側に設けられたことを特徴とする試料作製装

JP 3709886 B2 2005.10.26

#### 【請求項4】

該水項3に記載の試料作製装置において、

前記駆動系はモータを備えることを特徴とする試料作製装置。

#### 【請求項5】

請求項3に記載の試料作製装置において、

前記真空試料室は、前記移送手段を設置するためのポートを備えることを特徴とする試 料作製裝置。

#### 【請求項6】

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の試料作製装置において、

前記試料ホルダ上に固定された試料片にイオンビームを照射し、透過電子線顕微鏡観察 10 用の試料片を作成することを特徴とする試料作製装置。

#### 【諸求項で】

請求項1から6のいずれか1項に記載の試料作製整置において、

前記試料片を前記試料ポルダへ移動するに際して、当該試料ホルダが前記イオンピーム の照射領域へ移動されることを特徴とする試料作製装置。

#### 【請求項8】

請求項1から7のいずれか1項に記載の試料作製装置において、 前記試料ホルダは、選過電子線顕微鏡観祭用の試料片を軟置するためのホルダであるこ とを特徴とする試料作製装置。

#### 【諧求項9】

試料基板を軟骨できる試料ステージと、

該試料ステージが設置される試料算と、

該試料室内に設けられ、前記試料基板から摘出された試料片を固定できる試料ホルダと

該試科片を試料ホルダに移し変える移送手取と、

前記試料基板または前記試料ポルダに固定された試料片とに対してイオンビームを照射 できる照射光学系とを有し、

前記試料ホルダへ試料片を載せる作業が真空状態である前記試料室内にて実行可能であ

前記試料ホルダに固定され、<u>前記試料室内にて前記移送手段から分離され</u>た試料片にイ オンピームを照射して、透過電子線顕微鏡霧察用の試料片を作成できることを特徴とする 試料作製装置。

#### 【請求項10】

試料基板を載置できる試料ステージと、

該試料ステージが設置される試料室と、

該試料宝内に設けられ、前記試料基板から摘出された試料片を固定できる試料ホルダと

談試料片を試料ホルダに移し変える移送手段と、

前記試料基板または前記試料ホルダに固定された試料片とに対してイオンビームを照射

できる照射光学系とを有し、

前記試料ホルダへ試料片を載せる作業が真空状態である前記試料室内にて実行でき、 前記試料ホルダに固定され、<u>前記試料室内にて前記移送手段から分離され</u>た試料片にイ オンピームを照射して、試料片を薄片化できることを特徴とする試料作製裝置。

#### 【請求項11】

試料基板を載置できる試料ステージと、

該試料ステージが設置される試料室と、

該試料室内に設けられ、前記試料基板から摘出された試料片を固定できる試料ホルダと

該試料片を試料ホルダに移し変える移送手段と、

前記試料基板主たは前記試料ホルダに固定された試料片とに対してイオンビームを照射

PAGE 43/60 \* RCVD AT 11/10/2005 5:59:44 PM (Eastern Standard Time) \* SVR:USPTO-EFXRF-6/24 \* DNIS:2738300 \* CSID:512 306 1963 \* DURATION (mm-ss):20-10-

20

40

(3)

JP 3709886 B2 2005.10.26

できる照射光学系とを有し、

前記試料ホルダへ試料片を載せる作業が真空状態である前記試料室内にて実行でき、 前記試料ホルダに固定され、前記試料室内にて前記移送手段から分離された試料片にイ オンビームを照射して、試料片にウォール加工できることを特徴とする試料作製装置。

#### 【請求項12】

試料基板を載置できる試料ステージと、

該試料ステージが設置される真空試料案と、

該試料室内に設けられ、前記試料基板から摘出された試料片を固定できる試料ホルダと

該試料片を試料ホルダに移し変える移送手段と、

前記試料基板または前記試料ホルダに固定された試料片とに対してイオンビームを照射 できる照射光学系とを有し、

前記試料ホルダへ試料片を載せる作業が前記真空試料室内にて実行可能であり、

前記試料ホルダに固定され、前記真空試料室内にて前記移送手段かち分離された試料片 にイオンビームを照射して、張過電子線顕微鏡観察用の試料片を作成でき、

試料基板から、透過電子線顕微鏡観察用の試料片を作成する作業を、前記真空試料室内 にて実施できることを特徴とする試料作製装置。

#### 【諱求項13】

試料基板を載置できる試料ステージと、

試料片を固定できるTEM試料ホルダと、

試料ステージとTEM試料ホルダとが設置される試料室と、

試料ステージに載置された試料基板または前記TEM試料ホルダに固定された試料片に 対してイオンビームを照射できる照射光学系と、

試料基板の所望領域から試料片を摘出し、額出された試料片を前記TEM試料ホルダに 移送できる試料片摘出手段とを有し、

摘出された試料片を、前記TEM試料ホルダへ試料片を移動する作業が真空状態である 前記試料室内にて実行でき、

前記TEM試料ホルダに固定され、<u>前記試料舎内にて前記試料片摘出手段から分離され</u> た試料片にイオンピームを照射して、TEM試料を作成できることを特徴とする試料作製 装置。

#### 【請求項14】

武料基板を載價できる試料ステージと、

試料片を固定できるTEM試料ホルダと、

試料ステージとTEM試料ホルダとが設置される試料室と、

試料ステージに載置された試料基板または前記TEM試料ホルダに固定された試料片と に対してイオンビームを照射できる照射光学系と、

試料基板の所望領域から試料片を摘出し、摘出された試料片を前記TEM試料ホルダに 移送できる試料片摘出手段とを有し、

摘出された試料片を、TEM試料ホルダに移動する作業が真空状態である前記試料室内

前記TEM試料ホルダに固定され、<u>前記試料室内にて前記試料片摘出手段から分離され</u> た試料片にイオンビームを服射して、試料片を薄く仕上げ加工できることを特徴とする試 科作製裝置。

#### 【請求項15】

試料基板を載置できる試料ステージと、

試料片を固定できるTEM試料ホルダと、

試料ステージとTEM試料ホルダとが設置される試料室と、

試料ステージに載置された試料基板または前記TEM試料ホルダに固定された試料片と

に対してイオンピームを照射できる照射光学系と、

試料基板の所望領域から試料片を摘出し、摘出された試料片をTEM試料ホルダに移送

PAGE 44/60 \* RCVD AT 11/10/2005 5:59:44 PM [Eastern Standard Time] \* SVR:USPTO-EFXRF-6/24 \* DNIS:2738300 \* CSID:512 306 1963 \* DURATION (mm-ss):20-10-

10

20

JP 3709886 B2 2005.10.26

できる試料片摘出手段とを有し、

摘出された試料片を、TEM試料ボルダに移動する作業が真空状態である前記試料 重内 で実行でき、

(4)

前記TEM試料ホルダに固定され、<u>前記試料室内にて前記試料片摘出手段から分離され</u> た試料片にイオンビームを照射して、試料片にウォール加工できることを特徴とする試料

#### 【請求項16】

試料基板を載量できる試料ステージと、

試料片を固定できるTEM試料ホルダと、

試料ステージとTEM試料ホルダとが設置される真空試料室と、

試料ステージに載置された試料基板または前記TEM試料ホルダに固定された試料片と に対してイオンビームを照射できる服射光学系と、

武料基板の所望領域から試料片を摘出し、摘出された試料片をTEM試料ホルダに移送 できる武料片摘出手段とを有し、

摘出された弑科片を、弑科ホルダに移動する作業が真空弑科室内で実行でき、

前記TEM試料ホルダに固定され、前記真空試料室内にて前記試料片摘出手段から分離 された試料片にイオンビームを照射して、TEM試料を作成でき、

武料基板からTEM試料を作成する作業を、真空を堪さずに実施できることを特徴とす る試料作製装置。

#### 【譜求項17】

試料基板を載聞できる試料ステージと、

試料片を固定でき、固定された試料片へのTEM観察用電子線照射を阻害しない形状の TEM用試料ホルダと、

イオンビームの照射により試料基板から分離された試料片を、TEM用試料ホルダに移 動するプロープと、

試料ステージに載置された試料基板にイオンビームを照射し、TEM用試料ホルダに固 定され、真空状態で前記プローブから分離された武料片にイオンビームを服射する照射光 学系と、

試料ステージ、TEM用試料ホルダ、及びブローブを、真空状態である内部に設置する 試料率とを有する試料作製装置。

#### 【請求項18】

試料基板を載置できる試料ステージと、

試料片を固定でき、固定された試料片へのTEM 観察用電子線照射を阻害しない形状の TEM用試料ホルダと、

イオンビームの照射により試料基故から分離された試料片を、TEM用試料ホルダに移 動するプロープと、

試料ステージに載置された試料基板にイオンビームを照射し、TEM用試料ホルダに固 定され、<u>真空状態で前記プローブから分離され</u>た歓料片にイオンビームを照射する照射光

前記試料ステージ、TEM用試料ホルダ、及びプローブを、真空状態である内部に設置 する真空試料室とを有する試料作製装置。

#### 【請求項19】

請求項9、10、11及び12のいずれか1項に記載の試料作製装置において、

前記移送手段が、試料基板から分離された試料片を接続可能かつ当該試料片を前記試料 ホルダに移動できるプロープと、当該プローブを動作させる駆動系とを含む試料作製装置

#### 【請求項20】

請求項13、14、15及び16のいずれか1項に記載の試料作製装置において、

前記試料片瓶出手段が、試料基板から分離された試料片を接続可能かつ当該試料片を前 記TEM試料ホルダに移動できるプローブと、当該プローブを動作させる駆動系とを含む

PAGE 45/60 \* RCVD AT 11/10/2005 5:59:44 PM (Eastern Standard Time) \* SVR:USPTO-EFXRF-6/24 \* DNIS:2738300 \* CSID:512 306 1963 \* DURATION (mm-ss):20-10\_

10

20

40

. 10

20

JP 3709886 B2 2005.10.26

(5)

試料作製装置。

#### 【請求項21】

請求項1から20のいずれか1項に記載の試料作製装置において、

前記試料基板が、半導体ウェハである試料作製装置

#### 【諧求項22】

請求項1から20のいずれか1項に記載の試料作製装置において、

前記試料基板が、半導体チップである試料作製装置

#### 【請求項28】

請求項1から20のいずれか1項に記載の試料作製装置において、

前記試料基板が、デバイスチップである試料作製装置

#### 【請求項24】

請求項9.10,11及び12のいずれか1項に記載の試料作製装置において、

前記試料ホルダを複数備えたことを特徴とする試料作製装置。

#### 【請求項251

請求項13,14,15及び16のいずれか1項に記載の試料作製装置において、

前記TEM試料ホルダを複数備えたことを特徴とする試料作製裝置。

#### 【譜求項26】

請求項17または18に記載の試料作製装置において、

前記TEM用試料ホルダを複数備えたことを特徴とする試料作製装置。

#### 【諸求項271

請求項1,9,10,11及び12のいずれか1項に記載の試料作製裝置において、 前記試料ホルダ上に複数の試料片を載せることが可能であることを特徴とする試料作製

#### 装置。

#### 【請求項28】

請求項13,14,15及び16のいずれか1項に記載の試料作製裝置において、

前記TEM試料ホルダ上に複数の試料片を載せることが可能であることを特徴とする試 料作製裝置。

#### 【請求項29】

請求項17または18に記載の試料作製裝置において、

前記TEM用試料ホルダ上に複数の試料片を載せることが可能であることを特徴とする

#### 試料作製裝置。

【請求項30】 請求項1から29のいずれかに記載の試料作製装置において、

前記試料片は、電子顕微鏡観察のための所望箇所を含むことを特徴とする試料作製装置

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### [0001]

本発明は、半導体ウエハを検査して微小異物や欠陥など所望箇所を検出し、その所望箇 所を含む試料片を集束イオンビームと移送手段を用いて摘出して、上記試験片を観察や分 析、計測装置に対応した形状に加工して観察や分析、計測装置に送る試料解析方法および 試料解析装置に係わる。

#### 【背景技術】

#### [0002]

半導体素子製造では良品をよどみなく生産し続けることが求められる。生産個数が大量 であるため、ある工程での不良発生が製品歩留りの低下や生産ラインの停止につながり、 採算に大きく影響する。このため半導体棄子の製造現場では、特定のプロセス後やデバイ ス完成後には入念な検査が行なわれ不良品の探滅と原因追及に往力している。実際には製 造工程で、定期的または定量数ごとにウエハやデバイスを抜き取り、不良箇所の有無を検 査している。ウエハの場合、検査箇所と検査項目を予め決めておき各ウエハに対して常に

50

(6)

JP 3709886 B2 2005.10.26

その検査箇所をモニタして製造プロセスの異常を検出する方法や、完成後のウエハ全面を **陽無く検査して、回路パターンの欠陥や異物など異常箇所があればそのデバイスを廃棄し** たり、異常原因を追及して対策する方法が行なわれる。

#### 100031

検査方法の一例として、ウエハ全面もしくは一部の領域の外観について異物の付着や形 成された回路パターンの欠陥などを検出する検査方法があり、光や電子線を用いたウエハ 外親検査装置(以下、ウエハ検査装置と略記)やウエハ検査電子顕微鏡(以下、検査SEM ・と略記)や、回路の断線や短絡など電気的不良を検出するプローバ装置などがある。

さらに詳細な試料外観観祭には高分解館の走査型電子顕微鏡(以下、SEMと略記)が用 [0004] いるが、半導体の高集積化に伴い、対象物がSEMの分解能では観察できないほど框徴細な ものについても解析することが必要となっている。この場合、SEMに代って観察分解能が 高い透過型電子顕微鏡(以下、TEMと略記)が有力を装置となっている。

#### [0005]

ここでTEM用の試料作製方法について説明する。図2は従来のTEM試料の作製方法のう ちの一方法を説明する図である。図2(a)はLSIを形成した半等体ウエハ(以下、略してウ エハ30という)で、上層部31と基板部32とからなる。このウエハ30のうちの特定 領域についてTBM試料を作製するとする。まず、観察したい領域に目印を付け、観察領域 を破壊しないようにウエハ30にダイアモンドペンなどで傷付け劈開するか、ダイシング ソーで例えば切断線33に沿って分断する。図 2 (b) のような切り出した短冊状ペレット 34を2枚、作製するTEM試料の中央部が観察領域となるようにするため、観察領域同士 を向かい合うように接着剤35で貼り合わせて、貼り合わせ試料36を作る (図2(c)) 。 次に、この貼り合わせ試料36をダイヤモンドカッターでスライスし、スライス試料3 7を切り出す(図 2 (d))。このスライス試料 3 7 の大きさは、 $3 \times 3 \times 0.5$  加程度である。 さらに、このスライス試料37を研磨材を用いて研磨盤上で薄く研磨し、導さ20μπ程度 の研磨試料38を作製し、これをTEMステージに搭載する単孔型TEMホルダ39に固定する (図2(e))。 表に、この研磨試料38の両面からにイオンビーム40照射(図2(f)) し て、イオンシニングを行い (図 2 (g)) 、中央部に穴が開いたちイオンピーA40照射を . 止めてTEM試料41とする (図2(h))。

こうして、100mm程度以下に強くなった薄片部42をTEM観察領域(図中円内)としていた 。このような方法であるため、観察したい箇所がミクロンレベルで特定されている場合、 位置出しは非常に難しい。

#### [0006]

また、TEM試料作製に関する別の従来手法として集束イオンピーム (以下、FIBと略す) 加工を利用する例がある。図3で説明する。まず、観察すべき領域の近傍を、図3(a)に 示すようにウエハ30をダイシングを行って(符号33が切断線である。) 短冊状ペレッ ト34を切り出す(図3(b))。このペレットの大きさは、おおよそ3×0.05×0.5mm(ウ エハの厚み)である。この短冊状ペレット34をやや半円形した薄い金属片からなるTEM 試料ホルダ37に固定する(図3(c))。この短冊状ペレット34の中の観察領域を、厚さ 0.1ミクロン程度の薄片部(以下、ウォール部という) 4 3 を残すようにFIB 2 4 を限射し (図3(d))、薄壁部を形成する(以下、ウォール加工と言う。図3(e))。これをTEM試 料41として、TEMホルダをTEMステージに搭載し、TEM装置に導入してウォール部48を 観察する。この方法によって、観察部をミクロンレベルで位置出しすることが可能になっ た。また、この手法に関しては、例えば、E.C.G.Kirkらが、論文集 Microscopy of Semic onducting Materials 1989, Institute of Physics Series No.100., p.501-506 (公知 例1)において説明している。

## [0007]

このように、TEMは高分解能観察が期待できるが、試料作型に多大の努力を要するとい う面を持ち合わせている。

[0008]

(7)

JP 3709886 B2 2005.10.26

【非特許文献 1】 Microscopy of Semiconducting Materials 1989. Institute of Physic s Series No. 100., p. 501-506

#### 【発明の開示】

【希明が解決しようとする課題】

#### [0009]

上述のように、従来の試料解析方法や試料作製方法には以下のような問題点があった。 (1) 座標の問題:ウエハ全面もしくは一部の検査によって発見した異物や欠陥などの不 良箇所を解析する際、ウエハ検査装置や検査SBMなどの検査装置内で不良箇所の座標が明 らかになっても、実際に分析装置や観察装置、計測装置(以下、路して分析装置と代表さ せる)に入るような寸法に分断して分析試料片に加工しなければならず、先の不良箇所の 正確な位置がわからなくなり、所望の解析ができないという問題が生じる。

(2) 試料作製の問題:ウエハ検査装置や検査SEMによるウエハ金面もしくは一部の検査 の結果、ある位置に不良箇所を検出しても、ウエハから解析試料片を作製する時に、解析 の目的とする微小異物が無くなったり変質したり、又は、別の損傷を引き起こし重量して 本来の目的とする不良箇所の原因究明ができなくなることがある。これは従来の試料作製 方法が試料の切断や研磨、へき開など機械的や化学的な手法に依っていたためで、当初の 不良箇所をそのま言状態で分析装置に導入して的確な解析結果を得る歩留りは高いもので はなかった。また、このような的確な解析が長時間に及ぶために最終的な製品に不良品が 統発して多大の損害をもたらす場合すらある。

(3) ウエハ被損の問題:製造途中のある工程での仕上がりを監視するするために、ウエ ハの特定部のみの継続的な検査においては、定期的に定量散毎に、たった数点の検査箇所 に対してウエハを分断して、検査箇所以外はすべて医棄している。最近ではウエハ径が20 Опыとなり、さらに 800 пш、 またそれ以上に大口径化する傾向にあるため、付加価値が高い デバイスが数多く搭載されたウエハを数箇所の検査のために切断や劈開で分離して、廃棄 処分することは非常に不経済であった。

#### [0010]

ここで、上記問題点 (1) から (3) のいずれにも関係する例としてTEM試料を例に説 明する。TEMは上述のように高分解能を有しているため、微小部分の解析には有力なツー ルであるが、 不良價域の特定から解析結果が出る点でに非常に長い時間を要するため、 観察したいときに即座に結果の見えるSEMのようには普及していない。解析結果までに長 時間を要する原因の一つは、TEM観察以前の試料作製過程にある。TEM観察領域は厚さを10、 Onm程度にまで薄片化しなければならないため、従来方法では研磨や機械加工など試料作 製者の熟練を要する手作業が伴っている。しかも、観察領域がミクロンレベルで特定され ると試料作製は極めて困難になる。また、事前に顕微鏡に依ってミクロンオーダで特定し ていた不良領域の位置を試料作製中に見失ったり、間違ってしまうことが多々ある。また 、ウエハから所望の試料片を作製するには、ウエハ劈開や切断など機械的加工によってい るため試料への新たな損傷が発生し、本来の不良領域との区別がつかなくなる場合がある さらに、TBMの試料室は非常に小さく、試料片をミリオーダの大きさに細分化しなけれ ばならず、ウエハは必ず分断せざるを得ない。一旦、分析や観察を行った後に、さらに隣 接した箇所を別の分析や観察の必要が出た場合には、先の試料作製の分断のために後の分 析領域が破壊や損傷を受けていたり、正確な位置関係が分からなくなって継続した分析や 観察情報が得られないという問題を発生する。

#### [0011]

このような従来技術に対して、各種検査方法によって得られた不良箇所に対して、ウエ ハ形状を維持したまま、ウエハ上の所望の箇所のみを機械的や化学的な損傷を重畳するこ となく、各種<u>分析</u>装置に導入できる試料片に加工して解析できる試料解析方法ならびに試 料解析装置が望まれていた。

#### [0012]

上述の諸謀題に鑑み、本発明の第1の目的は、ウエハ全面または一部の检査で検出した 異物や欠陥など所望齒所を、ウエハを切断分離せずに正確に位置出して、各種分析に適し

20

JP 3709886 B2 2005, 10.26

(8)

た試料片に加工して各種分析装置で上配所望領域を解析できる試料解析方法を提供するこ とにある。また、第2の目的は、上記第1目的を実現する試料解析装置を提供することに

【課題を解決するための手段】

#### [0013]

上記第1の目的を達成するためには、

目的とする試料片を観察、分析、計測のうちの少なくともいずれかによって調べる試料 解析方法であって、試料基板を検査手段によって検出した異物や欠陥など所望箇所の座標 情報を記憶する工程と、上記所望儀所の座標情報を基にして上記試料基板から上記所望鑑 所を含む試料片を集棄イオンビームによる加工を利用して摘出して、上記摘出した上記試 料片を分析裝置または観察装置または計測装置のうちの少なくともいずれかに対応する試 料ホルダに固定し、上記試料ホルダに固定した上記試料片を分析さたは観察または計測の うちの少なくともいずれかに適する形状に加工する工程と、上記試科片を固定した上記試 料ホルダを分析袋置または観察装置または計測装置のうちの少なくともいすれかに導入し て上記所望箇所の解析を行なう工器とからなる試滑解析方法を用いて、

特に、上記検査手段が光学式ウエハ検査装置、ウエハ検査用走査電子顕微鏡、レーザ走 査顕微鏡、光学式顕微鏡のうちの少なくともいずれかを用いる。

#### [0014]

また、上配款料片を集束イオンピームによる加工を利用して摘出する工程の前に、 光学 顕微鏡による位置合わせ工程をともなってもよい。

#### [0015]

さらに、上記試料解析方法において、特に、上記試料片を集京イオンピームによる加工 を利用して癌出する工程の前に、上記集束イオンピームによって上記所図箇所近傍に上記 所堅箇所が確認できる目印を付す工程をともなうことで所望箇所を確実に加工できる。

また、上記試料解析方法において、上記試料ホルダに固定した上記試料片に対してさら に集東イオンビーム照射による薄壁加工を施して透過型電子顕微鏡観察用の試料に仕上げ る工程を含むことで、透過型電子顕微鏡観察までに要する時間が大幅に単縮できる。

#### 100171

また、上記第2の目的は、

ウエハを検査して異物や欠陥など所望箇所の座標情報を記憶するウエハ検査部と、上記 所望箇所の座標情報を基にして上記試料基板に対して集東イオンピームを利用して上記所 望箇所を含む試料片を輸出して分析または観察または計測のうちの少なくともいずれかに 適する試料ホルダに固定して加工する試料作製部とから構成され、上記ウエハ検査部と試 料作製部とは上記ウエハを移動するための真空搬送路によって連結した構造とする。また

ウエハを検査して異物や欠陥など所望箇所の座標情報を記憶するウエハ検査部と、上記 所望箇所の座標情報を基にして上記試料基板に対して集東イオンビームを利用して上記所 望箇所を含む試料片を摘出して分析裝置または観察装置または計測装置のうちの少なくと もいずれかに適する試料ホルダに固定して、分析装置または観索装置または計測装置のう ちの少なくともいずれかに適する形状の試料片に加工する試料作製部と、上記試料片の解 析を行なう分析設置または観察装置または計測装置のうちの少なくともいずれかの解析部 とを少なくとも有し、上記ウエハ検査部と試料作製部、解析部とは上記ウエハを移動する ための真空撤送路によって遮結した構造とする。または、

ウエハを検査して異物や欠陥など所認箇所の座標情報を記憶するウエハ検査部と、上記 所望箇所の座標情報を基にして上記試料基板に対して集東イオンビームを利用して上記所 竪箇所を含む試料片を摘出して分析裝置または観察装置または計阅装置のうちの少なくと もいずれかに適する試料ホルダに固定して、分析装置または観察装置または計測装置のう ちの少なくともいずれかに適する形状の試料片に加工する試料作製部と、上記試料片の解 折を行なう分析装置または観察装置をたは計測装置のうちの少なくともいずれかの解析部

20

30

(8)

JP 3709886 B2 2005.10.26

とが機械的に独立して構成され、少なくとも上記ウエハ検変部での上記所望箇所の座標情 報を上記試料作製部と上記解析部に伝達する情報伝達手段によって適縮した構造とする試 料解析裝置でもよい。また、この構造においては、さらに、ウエハ検査部と試料作製部と 解析部の間は、ウエハおよび試料ホルダもしくは試料ホルダを搭載した治具を真空容器に よって搬送する構造としてもよい。

#### 100181

上記試料解析装置もしくは試料解析システムにおいて、特に、検査装置が光学式ウエハ 検査装置、ウエハ検査用定査電子顕微鏡、レーザ走査顕微鏡、光学式顕微鏡のうちのいず れかにすること、もしくは、解析部における観察装置が特に、インレンズ型走査塑電子顕 微鏡、透過型電子顕微鏡のうちのいずれかとすることで、効率よく検査することができる

[0019]

このような試料作製装置を用いることで上記目的は達成される。

#### 【発明の効果】

#### [0020]

本発明による試料解析方法および装置を用いることで、所望の箇所をマークしたその場 で、ウエハを無分化することなく、また、ウエハから人の手作業を介することなくTEM観 祭始めその他の分析、計測、観察のための試料を作製することでき、解析結果を得るまで の時間を短縮させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

#### [0021]

本発明による試料作製装置の実施形態は、ウエハを検査して異物や欠陥など所望箇所の 座標情報を記憶するウエハ検査部と、上記所望箇所の座標情報を基にして試料基板に対し て集束イオンビームを利用して上記所塑箇所を含む試料片を摘出して、分析装置または観 察装置または計測装置のうちの少なくともいずれかに適する試料ホルダに固定して、これ ら装置に対応する形状に加工する試料作製部とから構成され、上記ウェハ検査部と試料作 製部とは上記ウェハを移動するための真空鍛送路によって連結した構成とする。

#### [0022]

以下に、その具体的実施形態例を示す。

#### [0023]

#### <寒旅形態例1>

図1は、本発明による試料解析方法を実現するための試料解析装置の一実施例を示す概 略構成図である。

試料解析設置100は、ウエハ檢查部101と試料作製部102が機械的に連結されてい る。ウエハ検査部101はウエハ外観検査装置や検査SEM、プローバ装置に該当する。ウ エハ検査によって不良箇所を検出して解析の必要がある場合、ウエハ検査部101と試料 作製部102の間に設置したバルブ106を開いて、ウエハ12を試料作製部102へ搬 送できる。試料作製部102で加工作製された試料片は別にあるTEM、SEMなど観象装置や 分析裝置や計測装置などに搬入して不良箇所を解析する。逆に、ウエハ検査の結果、異常 がない場合にはウエハ12は試料作製部102に送る必要はなく、次の製造工程の装置に 搬送する。

#### [0024]

ウエハ検査部101の例として、ここでは検査SBMの場合を示しており、電子ビーム照 射光学系103、二次電子検出器104、試料主107内でウエハ12を載置して移動可 飽な試料ステージ105などかち構成している。二次飽子検出器104に航入する二次電 子信号と電子ピーム服射光学系103のピーム偏向を同期させてウエハ表面形状を表示手 段13,に表示でき、ウエハ検査部101全体の制御を計算処理装置17,によって行な う。ウェハ検査にはウエハ上に形成された複数値のデバイスを比較する方法や、デバイス の中のセル同士を比較する方法などがあるが、ここでは限定しない。このようなウエハ検 査部100で検出された所望箇所の座標情報を一旦、計算処理装置17°に記憶し、情報

(10)

JP 3709886 B2 2005 10.26

伝送手段110によって試料作製部102の計算処理部17に伝達できる。また検査中の ウエハ外観や座標情報は表示学段13 に表示できる。

#### [0025]

武料作製部102は、武科基板12や摘出試料の加工や観察をするFIB照射光学系2、 このFIB服射によって気料から放出する二次電子や二次イオンを検出する二次粒子検出器 3、FIB照射領域にデポジション膜を形成するための元材料ガスを供給するデポガス源4 、半導体ウエハや半導体チップなどの試料基板12を軟置する試料ステージ5、額出試料 を試料ポルダに移し変える移送手段8、試料基板12を観察するための光学顕微鏡8、こ の光学顕微鏡26による像や二次粒子検出器3による像を映す表示手段13、試料作製部 102全体を制御する計算処理装置17、試料ステージ5を設置する試料室18などを少 なくとも備えた構成である。さらに詳細を図4を用いて説明する。

#### 100261

図4は、図1で示した構成部品に加えて、試料基板12の一部を摘出した微小な摘出試 料を固定する試料ホルダ6、試料ホルダを保持する保持手段7(以下、ホルダカセットと もいう)、試料ステージ 5 の位置を制御するためのステージ制御装置 1 0 、移送手段 B を 試料ステージ5と独立に駆動するための移送手段制御装置11、試料ホルダ6や試料基板 1 2 や移送手段 8 などをイオンビーム照射によって発生する 2 状盤子または 2 状イオンに よって映像化する画像表示手段13、FIB照射光学系2のFIB制御装置14なども構成され この他、デポガス孤制御装置15、二次粒子検出制御装置16、画像表示手段13、移 送手段制御裝置11などは計算処理装置17により制御される。

#### 100271

FIB照射光学系2は、液体金属イオン源20から放出したイオンをピーム制限アパテャ 21、集東レンズ22、対物レンズ23を通すことで10nm径程度から1ミクロン径程度の FIB24を形成する。FIB24を偏向器25を用いて試料基板12上を走査することで、走 査形状に試料基板12にミクロンからサブミクロンレペルの加工ができる。ここでの加工 とは、スパッタリングによる凹部や、FIBアシストデポジションによる凸部、もしくは、 これらを組み合わせて試料基板の形状を換える操作を指す。FIB照射によって形成するデ ポジション膜は、移送手段8の先端にある接触部と武科基板12を接続したり、摘出試料 を試料ホルダに固定するために使用する。また、FIB照射時に発生する二次電子や二次イ オンを二次粒子検出器3で検出して画像化することで加工領域などを観察することができ る。

#### [0028]

試料ステージ5は試料室18に設置され、FIB照射光学系2なども真空容器内に配置さ れている。試料ステージ5は、試料ホルダ6を搭載した保持手段(試料ホルダカセント) 7 が着脱でき、ステージ制御装置10によって、3次元 (X,Y,Z) 方向の移動及び傾斜、 回転が制御される。試料基板12は必要に応じて試料基板搬送路19を用いて出入りする

#### [0029]

**試料ホルダ6は図5に示すような凸型断面をした短冊状シリコン片27である。この短** 冊状シリコン片27は、シリコンウェハからへき開やダイシングソーを利用して形成した 。本実粒例で用いた試料ホルダの大きさは長さ2.5mm、上部幅50ミクロン、下部幅200ミク ロン、高さ0.5mm (シリコンウエハ厚) で、摘出試料の固定面をシリコンウエハ面または 劈関面とすることで、摘出試料10を固定面に固着してTEM観察しても固定面の凹凸が電 子線照射を阻害することはない。また、試料ホルダ形状はここに示した寸法に限ることは ないが、固定面をウエ八面もしくはへき関面にすることと幅をできる限り薄くすることが 、TEN観察しやすくするために必要である。図5は摘出試料70を一個の試料ホルダ6に 3個搭載した例である。一方、従来のTEN用の試料ホルダは図6(a)の単孔型や(b)の メッシュ型であり、単孔型は中央に直径 1 mm程度の単孔 7 5 が設けられた直径 3 mm程度の 専
厚
金
馬
円
板
7 6 で
あ
る
が
、
本
発
明
に
よ
る
試
料
作
製
方
法
で
得
ら
れ
る
摘
出
試
科
7 0 の
よ
う
に 10~20ミクロンと小さいと、摘出試料70を単孔75の側壁に正確に取付けることが

40

20

JP 3709886 B2 2005.10.26

非常に難しい。また、メッシュ型では薄肉金属円板76にはメッシュ77が貼られていて **試料の大きさに合わせた間隔のメッシュ77を用いれば取付け位置はある程度任意に選ぶ** ことができるが、観察したい領域が電子線極路がメッシュ77の陰になりTEM観察できな くなる危険性が非常に高かった。

(11)

#### [0030]

ホルダカセット (保持手段) 7は試料ホルダ 6を支える治具であり、試料ステージ5に 搭載する。試料ステージ5は、ウエハも載置できる汎用の大型ステージや、デパイスチッ プが搭載できる程度の小型ステージを指す。1個のホルダカセット7に搭載する試料ホル **ダ6の数は1個でも複数個でも良い。また、試料ステージ5に設置できるボルダカセット** 7の数は1個でも複数個でも良い。

#### [0031]

光学顕微鏡3には従来の光学式顕微鏡より高分解能が期待できるレーザ走査顕微鏡を用 いた。レーザ走査顕微鏡は発接器28を出たレーザ光を対物レンズによって集束して試料 に照射して、微小レーザスポットで励起された焦点からの蛍光は、ダイクロイックミラー を通過して、試料の焦点と共焦点の位置に設置したアパテャを通ってCCD29に届いで試 料の焦点からの蛍光のみによって俊が形成される。視野を一様に励起する方法に比較して 迷光は極めて少なく、焦点以外のからの蛍光が仮に発生しても、上記アパチャに妨げられ てCCD 2 9 には到達せずクリヤな像が得られる。試料基板12とダイクロイックミラーの 間に2枚のミラーを設置して、X,Y方向に走査することで、試料表面像を得ることができ 安示手段18に表示する。この光学顕微鏡9は、試料基板12に予め設置していたマーク (図示せず) 座標と、検査部101で得られた座標情報とを利用する。

なお、集束イオンピーム装置にレーザー顕微鍵を備えた装置については、特関平 9-1 34699号公報『集東イオンピーム装置』(公知例3)に示されているが、試料基板1 2の特定領域部分を摘出する移送手段8の存在については一切記載されていない。

移送手段 8 は試料基板が大口径のウエハであっても、その任意の箇所から素早くサンプ リングすることを亮現するために、移動癌度が早くストロークが大きい粗動部60と、粗 動部の移動分解能と同等のストロークを有して高い移動分解能の微動部61とで構成し、 移送手段全体を試料ステージと独立して設置して、サンプリング位置の大きな移動は試料 ステージ移動に分担させた。粗動部のXYZ方向の駆動はモータやギヤ、圧電素子などで横 成して、数量程度のストロークで、数ミクロンの移動分解能を有している。微動部はでき るだけコンパクトであることや、精密移動することが要求されるためバイモルフ圧電索子 を用いてサブミクロンの移動分解能が得ている。図?は移送手段8の粗動部60と微動部 61の構成例である。粗動部60は狭窄部62を支点として支柱63が3個のエンコーダ 64X、64Z、64Y(図示せず)によってXYZ輪方向に移動できる。粗動部60の駆動系 は試料室壁66の横ポートを介して大気側にあり、真空はベローズ65によって遮断され ている。パイモルフ圧電素子67の先端には直径50ミクロン程度の細く先鋭化したタン グステン製のプロープ68を連結し、粗動部60とは延長棒69によって連結した。 バイ モルフ圧電素子61に電圧を与えることで、プローブ68先端は微動する。このように移 送手段8には、構成、サイダ、設置位置を充分に考慮しなければず、本発明による試料作 製装置ではこれらすべてを解決している。

#### [0033]

この移送手段8に類似した従来技術として特開平5~52721号公報『試料の分離方 法及びこの分離方法で得た分離試料の分析方法』(公知例 2) がある。 この従来技術によれば、分離試料を撤送する搬送手段はバイモルフ圧電案子3個をXYZ軸 に対応して構成しているが、その撤送手段の設置位置は不明で、唯一上記公報の図るから ステージ上に設置されていると疏み取れる。このように、搬送学段が試料ステージに設置 されていると、対象試料が例えば直径300mmのウエハの中心部にある場合では、搬送手段 先端の移動ストロークが、搬送手段位置から試料の所望箇所までの距離に比べて遙かに小 さいため、試料ステージに設置された搬送手段では届かないという致命的問題点を有する

(12)

JP 3709886 B2 2005.10.26

ことになる。さらに、この3軸がバイモルフ圧電素子の構成では、バイモルフ圧電素子は 一端を支点にして他端がたわむ動きをするため、他端は印加電圧に従って円弧を描く。 つ まり、XY平面内の移動では1個のバイモルフ圧電素子の動作のみでは搬送手段先端のプロ ープが1軸方向に直線的に動作しない。従って、3個のバイモルフ圧電素子で微動部を構 成してプローブ先端を所望の位置に移動させるためには3個のバイモルフ圧電案子を非常 に複雑に制御しなければならないという特性を有している。

#### 100341

#### <実施形態例2>

上記実施形態例1では、ウエハ検査部101と試料作製部102を機械的に結合させ、 試料基板12であるウエハを両装置間で搬走させる例を競明した。本実施形態例2は図8 のようにウエハ検査部101と試料作製部102が機械的に独立していて、不良箇所の座。 標情報が両者の計算処理装置17、17′を往来する例である。試料基板であるウエハ1 2は小型で真空状態にできる機送用容器107に封入して選扱する。 ウェハ検査部101 での座模情報などは計算処理装置17.から情報伝達手段110を通じて試料作製部10 2の計算処理装置17に伝達できる。このような構成により、ウエハ検査部101で検出 したウエハ12の不良箇所は試料作製部102において、各種解析装置で解析 し易い形状 に加工作製する。

#### [0035]

#### <実塩形態例3>

次に、本発明による試料解析方法の一実施形態を説明する。ここでは、試料の例として TEM観察すべき試料片の作製方法を取り上げ、ウエハ観察から試料片加工、TEM観察までの 試料解析方法の具体的説明を行なう。また、手順を明確にするために以下にいくつかの工 程に分割して、図を用いて説明する。

#### (1) 外観検査工程:

まず、検査すべきウエハの全面もしくはその一部について異常の有無を検査する。検査 内容は、光(レーザ)によるウエハ検査装置や電子ピームによる検弦SBMなどの外観検査 や、プローブ装置による電気回路検査などである。この検査によって異物や欠陥、配線異 常など不良箇所の位置を知ることができる。この時、ウエハに子め設置した目印(ウエハ マーク)を基準にして上配不良箇所の該当デバイス座摄と、その該当デバイスに予め設置 したマークを基準にした座標情報として計算処理装置に記憶する。

#### (2) 試料作製工程

#### (g)マーキング工程:

上記ウエハを試料作製部に導入して、まず、先の該当デバイスの目印(デバイスマーク ) を探し出す。ここで、デバイスマークは試料作製部に設置したレーザ顕微鏡で探す。 さ ちに詳しい探索によって上記不良箇所を探し出すが、このとき、PIB服射による二次電子 像によって探索すると、試料表面はFIBによってスパッタされるため表面損傷を受け、最 悪の基合、所望の解析すべき不良物が無くなってしまうことが生じる。従って、ウエハ検 査時のウエハヤークとデバイスマークと不良箇所の座標および、試料作製部内でのウエハ マークとデバイスマークの座標をもとに、試料作製装置内での不良箇所の座標を計算によ り専出した後、不良箇所が確認できるように複数ヵ所にFIBによってマークをつける。 [0036]

本例では図9aのように、観察領域を挟んで10ミクロン間隔で+マーク80を2個施 した。上記2個のマークを結ぶ直線は試料ステージの傾斜軸と平行になるように事前に、 貧料ステージを回転調整しておく。

#### [0037]

#### (b)大矩形穴加工工程:

上記2個のマーク80を結ぶ直錄上で、2個のマークの両側にPIB81によって2個の 短形穴82を設けた。 閉口寸法は例えば10×7ミクロン、深さ15ミクロン程度で、両 短形穴の間隔を30ミクロンとした。いずれも、短時間に完了させるために直径0.15 ミクロン程度で電流約10nAの大電流FIBで加工した。

50

20

30

(13)

JP 3709886 B2 2005.10.26

加工時間注およそ5分であった。

#### [0038]

#### (c)垂直涨加工工程:

次に、図9bのように上記マーク80を結ぶ直線より約2ミクロン 隔てて、かつ、一方 の矩形穴82と交わるように、他方の矩形穴には交わらないように幅約2ミクロン 、 さ約30ミクロン、深さ約10ミクロンの無長垂直溝83を形成する。ピームの走査方向 は、FIBが試料を照射した時に発生するスパッタ粒子が形成した垂直溝や大矩形穴を埋め ることがないようにする。一方の矩形穴82と交わらない小さな領域は、後に摘出すべき 試料を支える支持部84になる。

#### 100391

#### (d) 傾斜溝加工工程::

上記(b)(c)工程の後、試料面を小さく傾斜(本実施例では20°) させる。ここで、上 記2個のマーク80を結ぶ直線は試料ステージの傾斜軸に平行に設定している。 そこで、 図9cのように上記マーク80を結ぶ直線より約2ミクロン 隔てて、かつ、上記弁長盘直 クロン 、深さ約15ミクロンの溝を形成する。FIB服射によるスパッタ粒子が形成した矩 形穴82を埋めることがないようにする。試料基板面に対して斜めから入射したFIB81 によって細長傾斜溝85が形成され、先に形成した細長垂直溝83と交わる。(b)から(d) の工程によって、支持部84を残してマーク80を含み、頂角が70°の直角三角形断面 のクサビ型摘出試料が片持ち梁の状態で保持されている状態にたる。

#### [0040]

#### (8) ブローブ固定用デポ工程:

次に、図9dのように試料ステージを水平に戻し、摘出すべき試料86の支持部84と は反対の端部に移送手段先端のブローブ87を接触させる。接触は試料とプロープとの導 通や両岩間の容量変化によって感知することができる。また、不注意なプロープ87の押 し付けによって、摘出すべき試料86やプローブ87の破損を受けるために、プロープが 試料に接触した時点で+Z方向駆動を停止させる機能を有している。 次に、摘出すべき試 料86にプロープ88を固定するために、プローブ先端を含む約2ミクロン平方の領域に 、デポジション用ガスを流出させつつPIBを走牽させる。このようにしてFIB照射領域にデ ポ膜88が形成され、プローブ87と摘出すべき試料86とは接続される。

#### 100411

#### 

摘出試料を試料基板から摘出するために、支持部84にFIB限射してスパッタ加工する ことで、支持状態から開放される。支持部84は試料面上から見て2ミクロン平方、深さ 約10ミクロンであるため2~3分のFIB走査で除去できる。(図9e, f)

(g)摘出試料搬送(試料ステージ移動)工程: プロープ87の先端に接続されて摘出した摘出試料89は試料ホルダに移動させるが、 実際には試料ステージを移動させ、FIB走査領域内に試料ホルダ90を移動させる。この とき、不意の事故を避けるために、プロープを+2方向に退避させておくとよい<u>。 (図 9 g</u>

#### (h) 摘出試料固定工程:

FIB走査領域内に試料ホルダ80が入ってくると試料ステージ移動を停止し、プローブ を一Z方向に移動させ、試料ホルダ90に接近させる。摘出試料89が試料ホルダ90に 接触した時、デポガスを導入しつつ摘出試料89と試料ホルダ90と接触部にFIBを照射 する。この操作によって縮出試料は試料ホルダに接続できる。本実施例では摘出試料89 の長手方向の鳩面にデポ膜92を形成した。FIB照射領域は3ミクロン平方程度で、デポ 胰92の一部は試料ホルダ90に、一部は額出試料側面に付着し、両者が接続される。 123 9 h )

#### (i)プローブ切断工程:

次に、デポ用のガスを導入を停止した後、プローブ87と振出試料89を接続している

(14) 3709886 B2 2005.10.26

デポ膜にFIB81を照射してスパッタ除去することで、プロープ87を摘出試料89から 分離でき、摘出試料89は試料ホルダ90に自立する。(図9i)

## (j) 試料片加工工程 (ウオール加工) :

最後に、FIB照射して、最終的に観察領域を厚さが100nm以下程度のウォール93に なるように薄く仕上げ加工を施してTEM試料とする。このとき、摘出試料の長手方向の倒 面の一方が垂直面であるため、ウォール加工のためにFIB照射領域を決定する際、この垂 直面を基準にすることで試料基板 B 9 表面にほぼ垂直なウォール 9 3 を形成することがで きる。また、FIB服射に先立ち、ウォール面をより平面的に加工するために、ウォール形 成領域を含む上面にFIBデポ膜を形成しておくとよい。この方法は既によく知られている 。上述の加工の結果、徴幅約15ミクロン、深さ約10ミクロンのウォールが形成でき、 TEM観祭領域ができあがる。以上、マーキングからウォール加工完成まで、約1時間30 分で、従来のTEM試料作製方法に比べて数分の1に時間短縮できた。 (図j)

#### (3)解析工程(TEM観察):

ウォール加工後、<u>試料ホルダを、</u>TEMの試料室に導入する。このとき、電子線経路と、 ウォール面が垂直に交わるようにTEMステージを回転させて挿入する。その後のTEM観察技 術についてはよく知られているので、ここでは省略する。

#### [0042]

なお、上記試料解析方法のうち試料作製工程に類似した従来技術として公知例2がある 。本試料作製工程が従来方法と全く異なることを示すために従来方法を図10で説明する 。言ず、試料50の表面に対しPIB24が直角に照射するように試料50の姿勢を保ち、 試料上でFIB24を矩形に走査させ、試料表面に所要の森さの角穴51を形成する(図1 O(a))。次に、試料表面に対するFIBの軸が約70°額斜するように試料を傾斜させ、底穴 52を形成する。試料の傾斜角の変更は、試料ステージ(図示せず)によって行われる( 図10(b))。試料の姿勢を変更し、試料の衰菌がFIBに対して再び垂直になるように試料 を設置し、切り欠を躊53を形成する(図10(c))。マニピュレータ(図示せず)を駆 動し、マニピュレータ先端のプロープ54の先端を、拡料50を分離する部分に接触させ . る(図10(d))。ガスノズル55から端積性ガス56を供給し、 FIBをプローブの先端 部を含む領域に局所的に照射し、イオンビームアシストデポジション膜(以下、デポ膜5 7と略す)を形成する。接触状態にある試料の分離部分とプロープ44の先端はデポ膜4 6 で接続される(図10(e))。 FIB24で残りの部分を切り欠き加工し(図10(f))、 試料50から分離試料58を切り出す。 切り出された分離試料58は、接続されたプロープ54で支持された状態になる(図10

(g))。この分離試料58を、上記第2の従来手法と同様にPIBで加工し、観察しようとす

# る領域をウォール加工するとTBM試料(閏示せず)となる。

[0043] 試料基板から微小試料を摘出するためには、微小試料を基板から分離することが必須で 、摘出試料の底面となる面と基板との分離工程(以下、底浚いと呼ぶ)が伴う。公知例2 に示されたFIBによる底後い法では、基板表面に対し斜方向からFIBを入射させて加工する ため、摘出した試料片の座面には、底梁い時のイオンピーム入射角と加工アスペクト比か らなる傾斜が付く。また、図10bに示した斜めからのFIB照射を実現するための角穴51 が非常に大きくなければならない。これは角穴51の形成時に多大の時間を要することを 示している。また、この公知例では斜めFIB服射するために試料を約70°も大きく傾斜 させている。FIBの集京性から要求される対物レンズと武料との間隔を考慮すると、この ような大傾斜はFIB性能を悪化させてしまい、镝足な加工が出来ないと予想される。通常 用いられているFIB装置性能を維持するには60°程度が限度である。また、直径300mmな ど大口径ウエハ用試料ステージを70°も大きく傾斜させることは、機械的に非常に困難 である。たとえ70°の大傾斜が可能としても摘出試料の底面は70°の傾斜を持ち、水 平面の試料ホルダに設置すると、本来の試料表面は試料ホルダ面に対して20°も傾斜し ており、表面に対してほぼ垂直な断面やウォールを形成することが困難となる。 試料基板 の表面に対しほぼ垂直な断面やウォールを形成するためには、底面の傾斜を小さくして底

(15)

JP 3709886 B2 2005.10.26

面を麥面に平行に近くすることが必須で、そのためには試料傾斜をさらに大きく しなけれ ばならず、これは上述の装置上の制約からさらに困難になる。従って、本発明が自指すよ うな摘出した試料を別の部材(試料ホルダ)に設置して、他の観察装置や分析装置に導入 するためには、垂直断面が形成できる別の底浚い方法を検討しなければならない。(但し 、公知例2では分騖した試料は試料ホルダの類に設置することなく、搬送手段のプローブ に付けた官ま観察する方法であるため、底面の形状は影響しない。)

このように、本発明による試料作製工程と公知例2による試料分離方法と大きく異なる 点は、(1)試料の摘出(分離)に際してのピーム照射方法が全く異なり、摘出試料をなる べく薄くするためと、底面の分離を簡便に、また、試料ステージの傾斜をなるべく小さく するために長手方向(TBM観察面に平行方向)の側面を傾斜加工したこと、(2)摘出した 試料は移送学器とは別の部材である試料ホルダに固定することにあり、ウエハからも試料 片が摘出できる試料作製装置と試料作製方法を提供している。

[0044]

#### <実施形態例4>.

上記実疱形態例の試料解析工程はTEM解析に限らず、他の観察手法、分析手法や観察手 法に用いることも可能である。

[0045]

例えば、解析装置がインレンズ型の高分解能SEMである場合にも適用できる。 インレンズ型SEMは観察試料を対物レンズ内に入れる方式で、分解能がアウトレンズに比 べて非常に良いため麦面観察の強力なツールであるが、試料をレンズ内に入れる都合上、 数ミリ程度に小さくしなければならない。従って、ウエハ検査装置などで不良箇所を発見 し、その部分をさらに詳しく観察しようとしてもウエハのままではインレンズ型の走査電 子顕散鏡内に導入することはできず、ウエハを分断しで細分化せざるを得なかった。本発 明による試料解析方法によると、ウエハから所望の領域の試料片を摘出することができる ため、インレンズ型SEMで高分解能観察をすることができる。観察領域はウエハ表面ばか りでなく、摘出する際に形成できる断面も観察できるため、試料片摘出時のFIB照射方向 を適切に行なえば、不良衡所の断面も観察することができる。このような方法によって、 座標の問題、試料作製の問題、ウエハ分割の問題を解決して試料解析を行なうことができ る。また、その他、オージュ電子分光分析や二次イオン質量分析など元素分析を行なう試 料解析についても同様に行なえる。

30

#### 【図面の簡単な説明】

[0046]

- 【図1】本発明による試料解析装置の一実施形態を示す構成プロック図。
- 【図2】従来のTEM試料の作製手順を説明するための図。
- 【図3】従来のTEM試料の別の作製手順を説明するための図。
- 【図4】本発明による試料解析装置のうち試料作製部の一実施形態を説明するための構成 ブロック図。
- 【図5】本発明による試料解析装置の実施形態で特に試料ホルダを説明するための図。
- 【図6】従来のTEMホルダを説明するための図。
- 【図7】本発明による試料解析装置の実施形態における試料作製部のうち、特に移送手段 の一実施形態を説明するための図。
- 【図8】本発明による武料解析装置の別の実施形態を示す構成プロック図。
- 【図9】本発明による試料解析方法における試料作製工程について説明するための図。
- 【図10】従来のJEM用試料ホルダーについて説明するための図である。
- 【符号の説明】
- [0047]

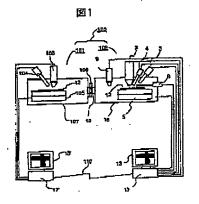
2…FIB照射光学系、3…二次粒子検出器、4…デポガス源、5…試料ステージ、6… 試料ホルダ、7…保持手段(ポルダカセット)、8…移送手段、9…光学顕微鏡、100 …試料解析装置、101…ヴェハ検変部、102…試料作製部、103…電子ピーム服射

(16)

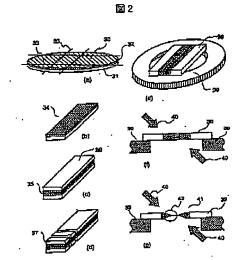
JP 3709886 B2 2005.10.26

系、104…二次電子検出器、105…試料ステージ、107…扱送用容器、110mm 報伝達手段。

[図1]



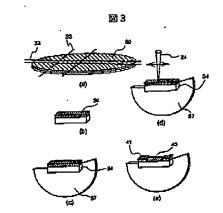
【図2】





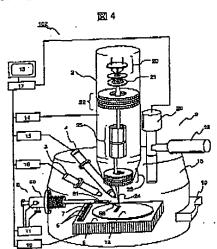
JP 3709886 B2 2005.10.26

[23]

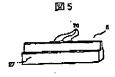


[24]

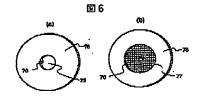
(17)



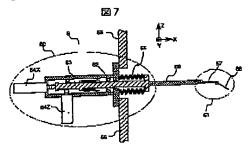
[図5]



[図6]



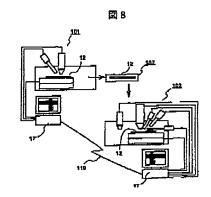
【図7】

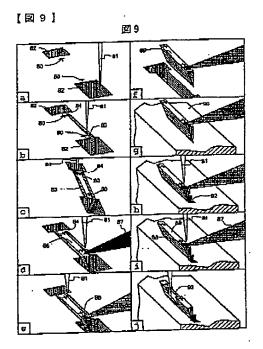


(18)

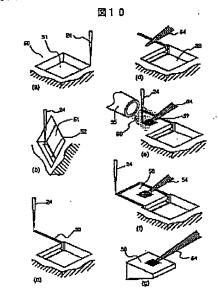
JP 3709886 B2 2005.10.26







[図10]



(19)

JP 3709886 B2 2005.10.26

```
フロントページの続き
                        FΙ
(51) Int. Cl. 7
                         HO1J 37/317
 H01J 37/28
                         GO1N 1/28
 H013 37/317
                                         G
                         G01N 1/28
// GO1N 1/00
                                      101C
                          GO1N 1/00
(56)参考文献 特別平11-106810 (JP, A)
        特開平05-052721 (JP, A)
        特別平09-210883 (JP. A)
        特開平07-333129 (JP, A)
        特別平09~189649 (JP, A)
        特別平02-294644 (JP, A)
(58) 研査した分野(Int. CI. 7, DB名)
        H01L 21/66
        G01N 1/28
```

101

G01N

1/00

# This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record

# **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

□ BLACK BORDERS
□ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
□ FADED TEXT OR DRAWING
□ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
□ SKEWED/SLANTED IMAGES
□ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
□ GRAY SCALE DOCUMENTS
□ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
□ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

# IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

☐ OTHER:

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.